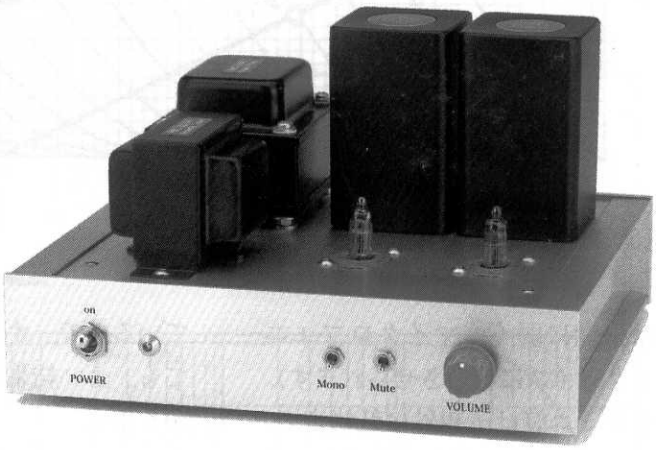
VACUUM TUBE

サブミニチュア管を使った無帰還単段CDプレーヤー用

5703WBラインアンプ

岩村保雄 IWAMURA Yasuo

高音質の音を聴きたい場合には，CDプレーヤーに直接パワーアンプをつながずに，ラインアンプなどを入れるとよりよい音となる．本ラインアンプは入力セレクターは省いて，機能を音量調節とミューティング，ステレオとモノーラルの切り換えのみに限定したもの．軍用のサブミニチュア管5703WBを使用しており，周波数特性の帯域幅は－1dBでおよそ20Hz以下～35kHzと実用上十分な特性となった．無帰還単段のシンプル回路なのでパーツも少なく，容易に製作できる．



はじめに

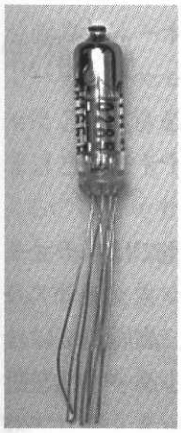
ラインアンプは「試聴会などでよい音を聴いていただこうと考える場面では，ラインアンプ抜きでCDプレーヤーをパワーアンプに直結するということは考えられない」，そのくらい重要です．一般にも，このごろはラインアンプ使用の有無が，音にかなり影響するということが認識されています．

それだけに，いざラインアンプを製作するとなると，重視しているだけに，どうしても力が入ってしまいます．そのため，ついつい念の入った回路になってしまうことが多く，製作にはある程度の経験が必要となってしまいます．

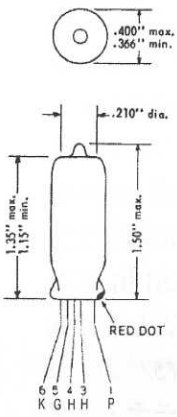
そこで本機では入力セレクターを省き，機能を音量調節とミューティングおよびステレオ/モノーラルの切り換えのみに限定して，作りやすいラインアンプに徹することにしました．

音を大切にしたラインアンプで，一番シンプルなものは，ライントランスを使った無帰還単段アンプです．ここでは写真1，図1のようなサブミニチュア傍熱3極管**5703WB**を使って，シンプルなラインアンプを製作します．

軍用の真空管として開発されたサブミニチュア管（以下，サブミニ管）は，高信頼，長寿命で振動にも強いという特徴を持っているので，スピーカーからの音圧や振動を気にする必要もありません（反対に，フレームグリッドのマグノーバル管，たとえばWE**416**



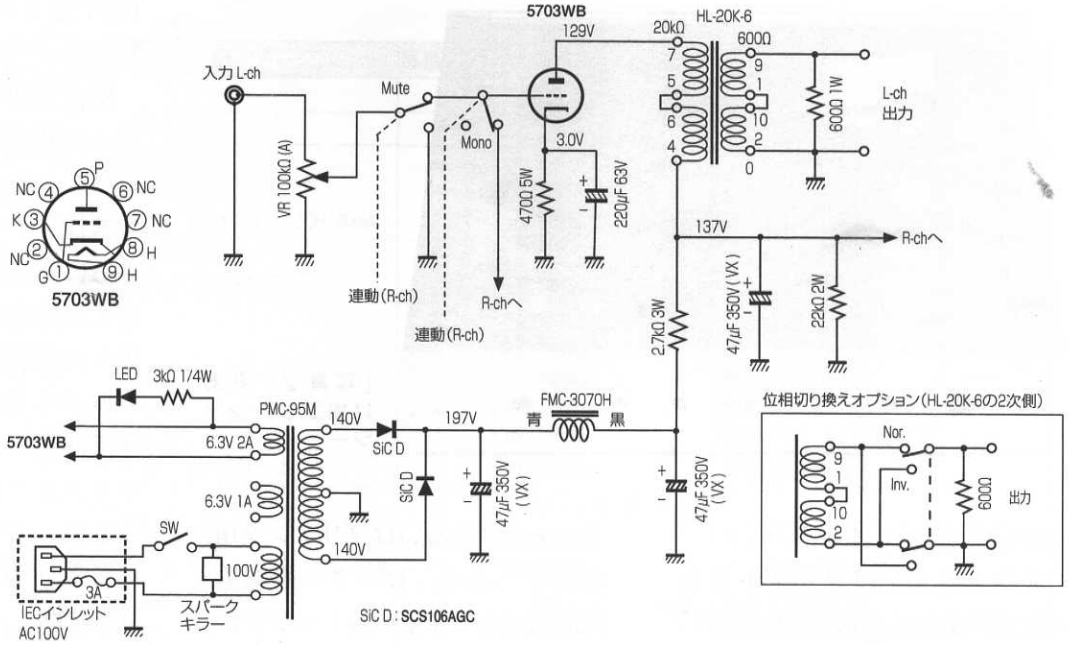
［写真1］サブミニチュア管5703WBの外観



［図1］サブミニチュア管5703WBの外形とピン配置

［表1］5703WBの定格

真空管			5703WB
ヒーター電圧	E_f	〔V〕	6.3
ヒーター電流	I_f	〔A〕	0.2
最大定格（Design Maximum）			
プレート電圧	E_p	〔V〕	200
プレート損失	P_p	〔W〕	1.35
プレート電流	I_p	〔mA〕	15
グリッドリーク抵抗	R_g	〔MΩ〕	1.2
ヒーター・カソード間耐圧	$E_{h\text{-}k}$	〔V〕	＋200
動作例（A級シングル）			
増幅率	μ		25.5
相互コンダクタンス	g_m	〔mS〕	5
プレート電圧	E_p	〔V〕	120
プレート電流	I_p	〔mA〕	9.4
カソード抵抗	R_k	〔Ω〕	220



[図 3] 5703WB ラインアンプの回路図

使い方としては，このチョークコイルに使う方法が，出力トランスに引けを取らない効果があり，少ない費用で音質の改善が図れます．

ラインアンプはパワーアンプに比べて，残留ハム電圧を一段と低くする必要があります．一般的にはヒーターの直流点火が手っ取り早いのですが，できることならシンプルさからも交流点火としたいところです．交流点火で満足のいく結果だったので，シンプルな回路で済ませています．

ヒーターバイアスも残留ハム電圧を低くするのにシンプルな割に効果的ですが，本機では電源トランスに近い左チャンネルでは効果が見られないので断念しました．

回路図を図3に示します．

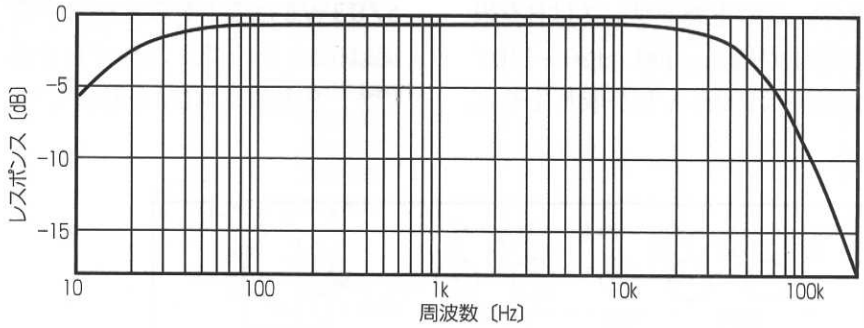
使用部品

サブミニ管**5703WB**はレイセオンのものを使いました．手に入るのはレイセオンがほとんどのようで，これは同社が米国のハイテク軍需企業ですから当然のことかもしれません．サブミニ管用のソケットもあるのですが，**5703WB**のようなインライン（一列）用は入手が難しいようです．見付けることができても，ソケットでトラブルを抱え込みたくないので，リード線を直接ハンダ付けすることにしました．長寿命をうたっているのですから，交換はだいぶ先ということで決定しました．

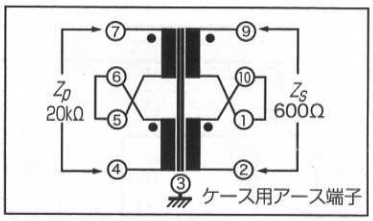
リード線をハンダ付けする端子として，マグノーバル管用の9ピンソケットを使っています．

マグノーバル管は排気のためのガラス部分が底から出ているので，ソケットには中央に径10mmほどの孔があいています．一方，サブミニ管の直径は図1に示したように0.366～0.400インチ（9.3～10.2mm）なので，マグノーバル管のソケット中央の孔を通すことができます．サブミニ管本体は孔を通して外から見えるようにし，他方リード線はシャシー内でソケットの端子にハンダ付けするという方法を取りました．出来上がってみると，このソケットがちょっとしたアクセントになっています．

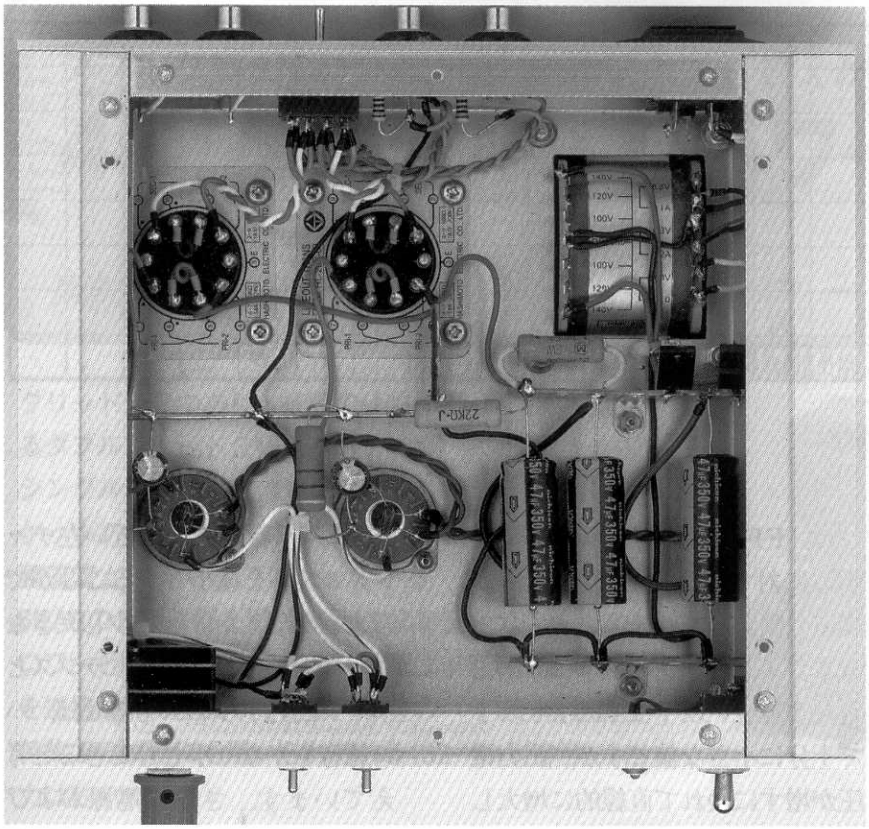
ライン出力トランスは橋本電気のHL-20K-6を使っています．このトランスは1次側インピーダンスが20kΩ，2次側インピーダンスが600Ω で，その定格と周波数



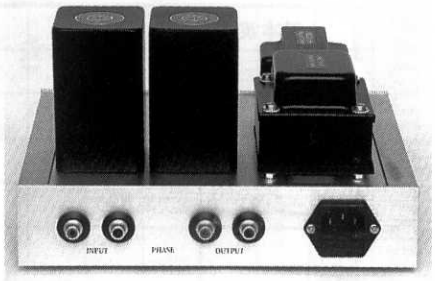
周波数特性 (±2dB, 入力4V, r_p=20kΩ, I_p=10mA)	25Hz～45kHz
1次側インピーダンス	20kΩ (1次側直列)
変圧比	1:0.18 (全1次側：全2次側)
1次側インダクタンス (1次側直列,I_p =10mA, 5V, 50Hz)	100H (標準値)
1次側許容電流	30mA (直列), 60mA(並列)
巻線抵抗	全1次側1.3kΩ, 全2次側 43Ω



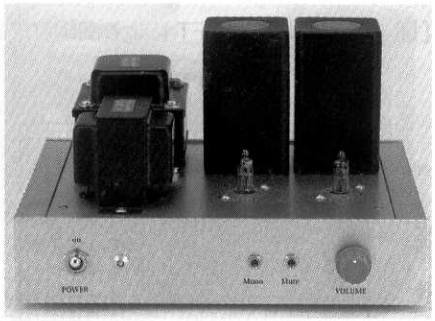
[図 4] ライン出力トランス HW-20K-6 の特性と結線



［写真 6］小型のシャシーを使用したにもかかわらず，パーツも少ない上，立て型ラグ板を使用しているので配線は楽だ．長いリード線はよじっておく



［写真 7］アンプの背面（位相切り換えなし）．左が入力端子，中央が出力端子



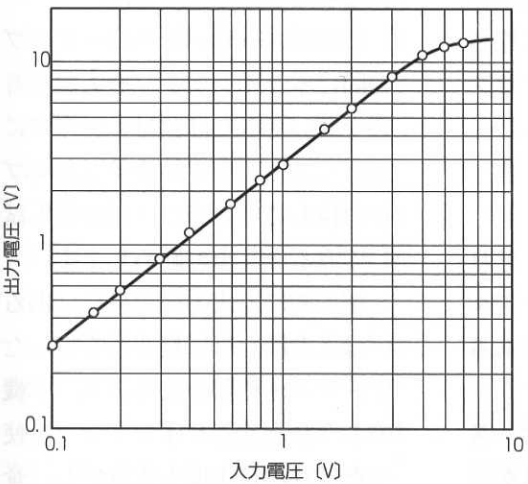
［写真 8］アンプの正面．トランス類が大きく，サブミニチュア管 5703WB がきわだって小さく見える

特性の測定

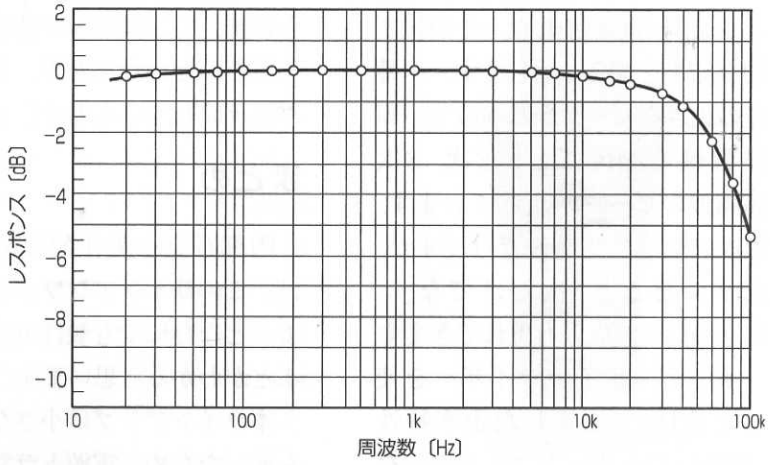
入出力特性を1kHzで測定した結果を図7に示します．オーバーオールの増幅度は2.8で，当初の見込み3.58より若干小さくなっています．残留雑音はボリュームを絞りきった状態でL-ch 0.28mV，R-ch 0.22mVです．ラインアンプとして十分に低いとはいえませんが，実際に使っているときにハム音が気になることはありません．

入出力特性から飽和出力電圧は12V程度ですが，後述の歪率の測定結果から，最大出力電圧は3Vでした．パワーアンプの最大入力電圧は，筆者の場合は0.6Vを目処としているので，マージンは14 dBとなります．

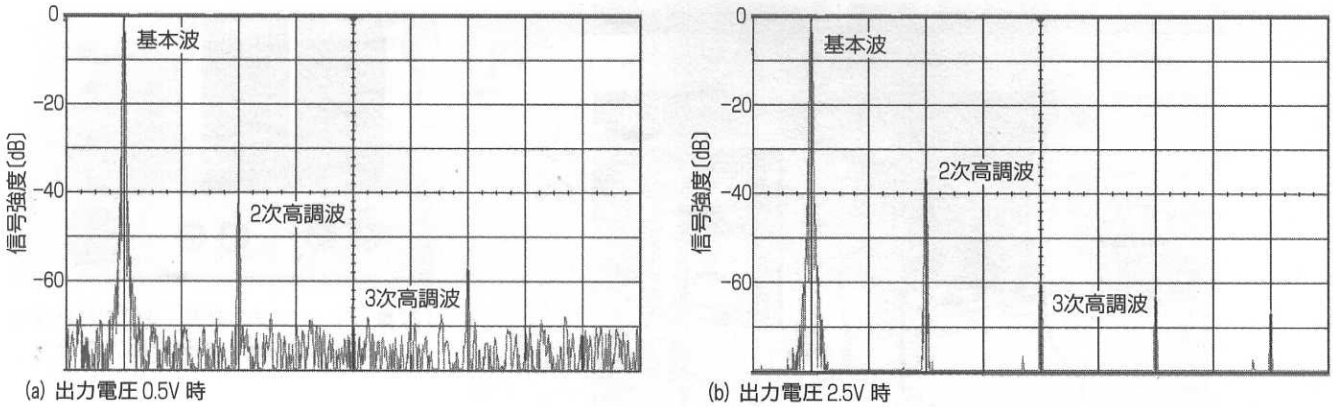
本ラインアンプの周波数特性（図8）はライン出力トランスHL-20K-6の特性（図4）と瓜二つです．何といっても負帰還をかけていないのですから，もっともな結果です．ただ，低域の20Hzのレスポンス低下が小さくて済んでいるのは，ライン出力トランスを1次側インピーダンスに比して低めの内部抵抗の**5703WB**でドライブしている結果です．帯域幅は－1dBでおよそ20Hz以下～



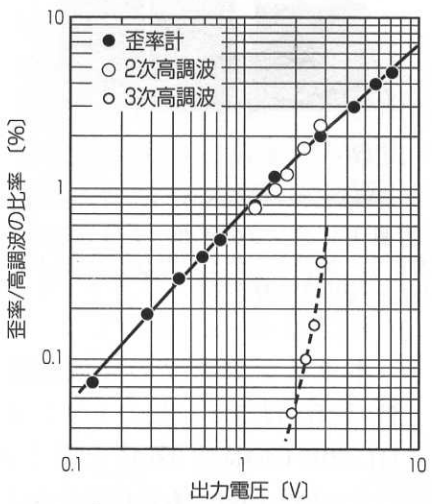
［図 7］入出力特性（1kHz）



［図 8］周波数特性



［図 9］出力電圧と FFT による高調波成分の関係



［図 10］1kHz における歪率特性と高調波成分

35kHzなので，帯域幅は十分確保しています．

後述の歪率の測定結果が，出力電圧1Vで歪率1%と芳しくなかったので，出力電圧波形をFFT解析して2～5次高調波成分の大きさを調べてみました．その代表的な結果を図9に示します．一番左の大きなピークが基本波で，周波数軸の2divごとに2次，3次高調波のピークが現れています．0.5Vでは2次高調波だけですが，2.5Vになると2次だけでなく，高次の高調波成分も現れてきます．

オーディオアナライザーを使って1kHzで測定した歪率特性（400Hzローカットフィルターを使用）を図10に示します．同図には，FFT解析により求めた基本波に対する2次高調波，3次高調波の割合も載せています．

本ラインアンプの歪率は，出力電圧150mV以下では0.1%以下で十分に小さな値ですが，出力電圧が増すにつれて直線的に増大しています．これは3極管シングル動作での歪率の典型的な特性です．それでもヒアリングで歪みを感じないのは，出力電圧2Vまでは2次高調波がほとんどだからと考えられます．それを超えたところから3次高調波成分が急速に増加し，3Vを超えたところからは，歪みのほとんどが3次高調波となります．

そこで，この3Vを最大出力電圧と考えました．実際に音楽を聴いているときの出力電圧は0.1V程度なので，歪率が十分に低いことに加えて2次歪みが聴感に悪さをしないということが，ヒアリングに反映しているのでしょう．

まとめ

内部写真や実体配線図を見れば，このラインアンプがシンプルで，どなたにでも製作可能であることがわかると思います．

本ラインアンプは小さなケースを使ったため，電源トランスからのリーケージフラックスの影響でハム雑音（特に電源に近い左チャンネルで）を極小とすることができませんでした．もう少し大きなケースを使って，電源トランスとライン出力トランスを離せば，ハム雑音をかなり小さくできると考えています．さらに電源およびライン出力トランスを固定するときの面倒な工程も省くことができ，一挙両得です．

平均的な入力感度のパワーアンプをフルボリュームの状態でこのラインアンプに接続すると，ラインアンプのボリュームは8時以下となって使いにくくなるだけでなく，ハム音が気になります．実際の使用に当たっては，パワーアンプをボリュームで感度を下げ，ラインアンプのボリューム位置を12時前後で使えば，ハム音が気になることはありません．

CDプレーヤーとパワーアンプの間に本ラインアンプを入れて音楽を聴いてみた印象は，クリアに加えてストレート．ラインアンプをお持ちでない方に，ぜひとも試してみることをお勧めします．

個人的には出力段だけに，あるいは入力段だけに真空管を使ったオーディオ機器を使うより，本機のような真空管ラインアンプを使ったほうが自由度も大きいし，音もよいと思います．